

تأثیر کم آبیاری و تنش شوری در تولید ارزن پادزهری بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک

حمید رضا عشقی‌زاده^{۱*}، محمد کافی^۲، احمد نظامی^۲، امیر حسین خوشگفتارمنش^۱ و مصطفی کرمی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۰۶)

چکیده

این مطالعه به منظور ارزیابی تأثیر استقرار نظام شورزیست گیاه ارزن پادزهری (*Panicum antidotale* Retz) با دو الگوی آبیاری (I_۱ به عنوان شاهد و I_۲ به عنوان تیمار تنش کمبود آب، به ترتیب آبیاری پس از ۱۱۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از طشت تبخیر کلاس A طی دوره رشد) و چهار سطح شوری آب آبیاری (حدود ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر)، بر ویژگی‌های شیمیایی خاک در ایستگاه تحقیقات زهکشی و اصلاح اراضی رودشت در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ انجام شد. در پایان هر سال ویژگی‌های شیمیایی لایه‌های مختلف ۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتی‌متری خاک اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در تیمارهای مختلف به‌طور میانگین، قابلیت هدایت الکتریکی (۱۹/۸٪)، پ-هاش (۱۹/۹٪)، غلظت یون سدیم (۲۰/۰٪)، کلر (۲۰/۱٪)، پتاسیم (۵/۰۰٪)، فسفر (۵/۷۹٪) و کلسیم (۱۹/۹٪) در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری خاک در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول افزایش و ماده آلی خاک بدون تغییر بود. همچنین در اعماق ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری خاک نیز روندی مشابه مشاهده شد. در لایه‌های مختلف خاک به‌طور متوسط با افزایش شوری آب آبیاری از ۵ به ۳۰ دسی‌زیمنس در متر به ترتیب قابلیت هدایت الکتریکی (۱۱۰٪)، غلظت یون سدیم (۲۶/۵٪)، غلظت یون کلر (۱۴/۵٪)، غلظت یون پتاسیم (۸/۱۶٪)، غلظت فسفر (۲۴/۱٪) و غلظت کلسیم (۶۲/۵٪) در الگوی آبیاری I_۱ و به ترتیب ۷۰/۵٪، ۲۳/۳٪، ۹۶/۶٪، ۱۳/۴٪، ۴۱/۲٪ در الگوی آبیاری I_۲ تغییر یافت. همچنین به‌طور متوسط غلظت سدیم ($r^2=0.70^{**}$) و قابلیت هدایت الکتریکی ($r^2=0.47^{**}$) لایه‌های مختلف خاک بیشترین همبستگی منفی را با عملکرد ماده خشک ارزن پادزهری در دو سال نشان دادند. بنابراین در استقرار نظام شورزیست ارزن پادزهری در شرایط مشابه بایستی از سازوکارهای مناسب جهت مدیریت بهینه خاک بهره برد.

کلمات کلیدی: ارزن پادزهری، الگوی آبیاری، کشاورزی شورزیست، غلظت سدیم، قابلیت هدایت الکتریکی

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: hamid.eshghizadeh@gmail.com

مقدمه

وضعیت موجود کشور بیانگر محدودیت شدید منابع آبی است و از سوی دیگر افزایش تولید بیشتر نیز در گرو توسعه اراضی فاریاب می‌باشد، بنابراین بایستی آب با کیفیت پایین به‌عنوان یک منبع آب آبیاری محسوب و در برنامه آینده توسعه زمین‌های فاریاب با اعمال روش‌های مدیریتی صحیح جهت تداوم پایداری کشاورزی و نیل به عملکرد معقول گنجانده شود (۷ و ۲۳). از سوی دیگر ایران کشوری در حال توسعه بوده و نرخ رشد جمعیت و افزایش تقاضا در آینده نه چندان دور نیاز به محصولات کشاورزی را افزایش خواهد داد (۲۴). بنابراین با توجه به مهم‌ترین چالش‌های پیش‌رو در بخش کشاورزی کشور یعنی کمبود دسترسی به منابع آب غیر شور، تغییرات اقلیمی، افزایش شوری اراضی کشاورزی، افزایش شدت و طول مدت دوره‌های خشکسالی و نیاز روزافزون به فرآورده‌های گیاهی، کشاورزی شورزیست بیش از پیش مورد توجه قرار دارد (۲۳ و ۲۴).

در صورت وجود برنامه‌های زراعت گیاهان شورزیست می‌توان از آنها به نحو مطلوب بهره‌برداری نمود. اهلی سازی گیاهان شورپسند (هالوفیت‌ها) که در رویشگاه‌های طبیعی شور و خشک می‌رویند، آنها را به‌عنوان گیاهان زراعی جدیدی معرفی خواهد کرد که تحت تنش‌های محیطی ایجاد شده توسط شوری و خشکی محصول رضایت بخش‌تری تولید می‌کنند (۲۷). ایران یکی از غنی‌ترین کشورهای دنیا در مورد فلور گیاهی خود است و تا کنون بیش از ۶۲۰۰ گونه گیاهی در فلور آن شناسایی شده است (۱۴). از این تعداد ۳۵۴ گونه آن را هالوفیت‌ها تشکیل داده و روز به روز نیز با تکمیل مطالعات تعداد آنها افزایش می‌یابد (۹). موفقیت در برنامه اهلی‌سازی گیاهان شورپسند که در رویشگاه‌های طبیعی شور و خشک می‌رویند، نیازمند شناسایی عوامل تأثیر گذار در تولید آنها است (۲۷). زهتابیان و همکاران (۵) با ارزیابی اثر تنش خشکی و شوری بر روی سه گونه مرتعی *Agropyron intermedium* و *Panicum antidotale* در شرایط گلخانه،

بیان کردند که تنش خشکی موجب کاهش شدید ماده خشک (ساقه، برگ، ریشه)، رطوبت نسبی و پتانسیل آب برگ گونه‌ها شده است ولی گونه‌های مورد مطالعه حساسیت زیادی به شوری‌های اعمال شده تا ۲۰۰ میلی مولار نشان ندادند. خان و همکاران (۲۵) نیز بیشترین عملکرد علوفه‌ی‌تر را در گیاه ارزن پادزهری در روش بذر کاشت را حدود ۱۰/۸ تن در هکتار گزارش کردند. شارما (۳۲) در مطالعه خود نشان داد که گیاه *Atriplex nummularia* L. باعث افزایش قابلیت هدایت الکتریکی، سدیم محلول، سدیم قابل تبادل و ماده آلی خاک‌های زیر کشت شده و تخریب قابل ملاحظه ساختمان خاک سطحی را در پی داشته است.

گیاه ارزن پادزهری (*Panicum antidotale* Retz) گونه بومی مناطق معتدل و گرمسیری آسیا در خاورمیانه تا هند است (۲۰). ارزن پادزهری متحمل به آب‌گرفتگی یا غرقاب شدن‌های موقت بوده و در تپه‌های شنی و بستر رودخانه‌های خشک شمال غربی پاکستان، در افغانستان و ایران رشد می‌کند (۱۸). این گیاه دارای سیستم ریشه‌ای خیلی عمیق بوده که استعداد دست‌یابی به رطوبت در بخش‌های عمقی خاک را دارد (۱۸). گیاه ارزن پادزهری از گراس‌های پر محصول بوده که توان تولید ۱۸۰-۱۵۰ تن علوفه تر با کیفیت تغذیه‌ای مناسب و پروتئین بین ۱۵-۱۸٪ در هر سال را دارد و به‌عنوان گراس علوفه‌ای با ارزش مطرح و در تغذیه گوسفندان و به‌ویژه گاوهای شیری مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۸ و ۳۱).

گیاه ارزن پادزهری (*Panicum antidotale* Retz) گونه بومی مناطق معتدل و گرمسیری آسیا در خاورمیانه تا هند است (۱۴). ارزن پادزهری گیاهی چندساله، از خانواده Poaceae و از هالوفیت‌ها است (۱۵). این گیاه دارای سیستم ریشه‌ای خیلی عمیق بوده که استعداد دست‌یابی به رطوبت در بخش‌های عمقی خاک را دارد (۱۸). این گیاه همچنین از تحمل بالایی به خشکی و شرایط کمبود رطوبت در مراتع مناطق بیابانی برخوردار است و به‌سرعت به تغییرات ناگهانی عوامل محیطی

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش

بافت خاک	پ هاش	قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m)	آهک (%)	نیتروژن کل (%)	ماده آلی (درصد)	فسفر قابل دسترس (mg/kg)	پتاسیم قابل دسترس (mg/kg)
رسی سیلتی	۷/۷	۸/۶	۱۵	۰/۰۷۵	۰/۱۴	۲۷/۵	۲۸۵

پیش‌آمده در فصل تابستان پاسخ می‌دهد (۲۲). گیاهان شورزیست به‌طور تاریخی برای چرای دام و یا به‌عنوان بخشی از جیره دام مورد استفاده قرار گرفته‌اند. اهلی‌سازی گیاهان شورپسند که در رویشگاه‌های طبیعی شور و خشک می‌رویند، آن‌ها را به‌عنوان گیاهان زراعی جدیدی معرفی خواهد کرد که تحت تنش‌های محیطی ایجاد شده توسط شوری و خشکی، محصول رضایت‌بخش‌تری تولید کنند (۲۷). این گیاهان ممکن است جایگزین منطقی برای گیاهان زراعی معمول در بسیاری از کشورهای در حال توسعه و از جمله ایران که دارای سطح وسیعی از اراضی خشک و نیمه‌خشک در معرض تهدید شور شدن است، به شمار آیند (۸). گیاه ارزن پادزهری گیاهی علوفه‌ای و خوشخوارک به‌ویژه برای گاوهای شیری (۲۸) و گوسفندان است (۲۹). این گیاه می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای مطرح جهت تولید شورزیست در مناطق خشک و نیمه‌خشک که منابع آب و خاک شور دارند، مطرح شود. بنابراین با توجه به اهمیت کشاورزی شورزیست، و در راستای دستیابی به اهداف این پژوهش تأثیر استقرار نظام‌های شورزیست مختلف گیاه ارزن پادزهری بر ویژگی‌های شیمیایی خاک مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در ایستگاه تحقیقات زهکشی و اصلاح اراضی رودشت واقع در ۶۵ کیلومتری شرق اصفهان با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۵۰۰ متر از سطح دریای آزاد طراحی شد. میانگین دراز مدت بارش و دمای هوا به‌ترتیب حدود ۷۵ میلی‌متر و ۱۳/۵ درجه سلسیوس در سال است، که نزولات

عمدتاً در اواخر پاییز، زمستان و اوایل بهار اتفاق می‌افتد. درصد وزنی رطوبت در شرایط ظرفیت مزرعه ۲۴ درصد، در نقطه پژمردگی ۱۳ درصد و وزن مخصوص ظاهری آن ۱/۵۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک سری زرنید در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. بذره‌های گیاه ارزن پادزهری از ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سبزوار واقع در استان خراسان رضوی، شرق ایران، تهیه شد. سپس نمونه‌ای از آن در داخل پتری دیش‌های استریل شده و به‌مدت ۶ روز در دمای ثابت ۲۵ درجه سلسیوس در داخل اتاقک رشد قرار داده شد. نتایج نشان داد که قوه نامیه بذرها حدود ۹۵٪ بود. زمین محل آزمایش در سال قبل آیش بود. براساس آزمایش خاک، نیتروژن به‌شکل اوره به‌مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت پایه و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیز به‌صورت سرک پس از چین اول به هر کرت داده شد. برای تأمین فسفر مورد نیاز گیاه نیز ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار در مرحله آماده‌سازی زمین، به خاک اضافه شد.

عملیات تهیه زمین به‌ترتیب شامل شخم و دیسک بود. سپس کرت‌هایی با طول ۵ متر و عرض ۳ متر (مساحت حدود ۱۵ متر مربع) با فاصله‌های ردیف ۵۰ سانتی‌متر به‌صورت جوی و پشته آماده شد. بذرها در دو طرف هر پشته روی ردیف‌ها به‌صورت پیوسته و در عمق تقریبی ۱-۵ سانتی‌متر کاشته و اولین آبیاری در تاریخ ۳۰ اردیبهشت ۱۳۸۹ به‌صورت نشتی انجام شد. سپس در مرحله ۴-۳ برگی گیاهچه‌های سبز شده با فاصله‌های ۱۶ سانتی‌متری تنک شد، تا تراکم نهایی حدود ۱۳ بوته در مترمربع حاصل شود.

پس از پایان تنک کردن، دو الگوی آبیاری شامل آبیاری پس



شکل ۱. گیاه ارزن پادزهری، (الف) ریشه و ریزوم، (ب) پنجه‌زنی و (ج) مرحله خوشه‌دهی (عکس از مؤلف، تابستان ۱۳۸۹)

آمونیم ($\text{NH}_4\text{-OAc}$) استخراج و به‌وسیله شعله‌سنج تعیین شد. برای اندازه‌گیری درصد ماده آلی از روش سوزاندن تر استفاده شد. در این روش مواد آلی با بیکرومات پتاسیم در مجاورت اسید سولفوریک اکسید شد. باقی‌مانده بیکرومات پتاسیم با افزودن فرو آمونیوم سولفات از طریق تیتراسیون در مجاورت ارتو فنانترونین اندازه‌گیری شده و مقدار ماده آلی خاک محاسبه شد. همچنین غلظت سدیم محلول با روش شعله‌سنجی (LyteTek Flame Photometer, model 895)، کلر به‌روش کمپلکس‌متری رنگ‌سنجی و کلسیم به‌روش تیتراسیون اندازه‌گیری شد (۴).

داده‌های حاصل از آزمایش فاکتوریل (رژیم آبیاری و شوری آب آبیاری) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار با استفاده از نرم‌افزار SAS به‌صورت مرکب تجزیه و تحلیل آماری شد، میانگین‌ها با آزمون حداقل تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از طشت تبخیر کلاس A (I_1) به‌عنوان شاهد) و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی طی تمام دوره رشد (I_2) به‌عنوان تیمار تنش خشکی) و چهار سطح شوری آب آبیاری با قابلیت هدایت الکتریکی حدود ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر اعمال شد. پس از برداشت دوم در سال ۱۳۸۹ آبیاری قطع گردید و پس از گذراندن دوران زمستان در تاریخ ۱۳۹۰/۰۱/۱۵ بار دیگر مزرعه آبیاری شد. مقدار آب مصرفی تا برداشت اول ۶۵۴/۲ لیتر در مربع و تا برداشت دوم ۲۱۰/۴ لیتر در مترمربع بود (جدول ۲). در طی دو سال آزمایش گیاهان طی دو چین برداشت شدند (شکل ۱).

پس از برداشت دوم در هر دو سال، به‌منظور ارزیابی ویژگی‌های شیمیایی خاک از سه عمق ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری خاک هر کرت نمونه‌برداری انجام شد. سپس اسیدیته خاک با استفاده از pH متر و EC عصاره اشباع خاک با استفاده از هدایت‌سنج الکتریکی اندازه‌گیری شد. فسفر قابل دسترس خاک با NaHCO_3 استخراج و با روش رنگ‌سنجی مولیبدات تعیین شد. پتاسیم قابل دسترس خاک با استات

جدول ۲. زمان برداشت و مقدار آب مصرفی در هر چین در گیاه ارزن پادزهری تحت تیمارهای مختلف شوری طی سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰

سال	تاریخ		مقدار آب مصرفی (میلی‌متر)	
	برداشت اول	برداشت دوم	برداشت اول	برداشت دوم
۱۳۸۹	۱۳۸۹/۰۵/۲۹	۱۳۸۹/۰۷/۲۲	۶۴۵/۲	۲۱۰/۴
۱۳۹۰	۱۳۹۰/۰۲/۲۹	۱۳۹۰/۰۴/۱۷	۲۳۱/۴	۱۶۸/۳

جدول ۳. میانگین صفات در لایه‌های مختلف خاک در دو سال در نظام تولید شورزیست ارزن پادزهری

میانگین صفات	عمق خاک (سانتی‌متر)								
	۰-۳۰			۳۰-۶۰			۶۰-۹۰		
	۱۳۸۹	۱۳۹۰	اختلاف %	۱۳۸۹	۱۳۹۰	اختلاف %	۱۳۸۹	۱۳۹۰	اختلاف %
EC(dS/m)	۱۱/۱	۱۳/۳	۲۰٪	۱۳/۹	۱۶	۱۵٪	۱۲/۶	۱۵/۸	۲۵٪
pH	۷/۹۸	۹/۵۷	۲۰٪	۸/۱۱	۹/۳۳	۱۵٪	۷/۹۱	۹/۹	۲۵/۱٪
Na ⁺ (mg/l)	۷۱	۸۵/۲	۲۰٪	۷۳	۸۴	۱۵٪	۷۱/۵	۸۹/۴	۲۵٪
C ^{۱۰۰} (meq/l)	۳۳/۴	۴۰/۱	۲۰٪	۳۶/۴	۴۱/۹	۱۵٪	۳۵/۶	۴۴/۵	۲۵٪
K ⁺ (mg/l)	۲۷۱/۸	۲۸۵/۴	۵٪	۲۵۹/۲	۲۷۲/۱	۵٪	۲۲۴/۶	۲۳۵/۹	۵٪
P(mg/l)	۱۱/۹	۱۲/۶	۵/۱۳٪	۱۱/۶	۱۲/۲	۵٪	۱۱/۵	۱۲/۱	۵٪
Ca(mg/l)	۷۸/۱	۹۳/۷	۲۰٪	۸۲/۹	۹۵/۳	۱۵٪	۷۸/۱	۹۷/۶	۲۵٪
OM(%)	۰/۲۱	۰/۲۱	-	۰/۱۹	۰/۱۹	-	۰/۱۸	۰/۱۸	-

نتایج و بحث

قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (dS/m)

نتایج تجزیه واریانس داده‌های قابلیت هدایت الکتریکی لایه‌های مختلف خاک نشان داد که اثر سال، آبیاری، شوری و نیز برهمکنش شوری در آبیاری از نظر آماری معنی‌دار شد. میانگین قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع لایه‌های ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری خاک در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۹، به‌ترتیب ۲۰، ۱۵ و ۲۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در

عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری تیمارهای شوری ۳۰ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و تیمارهای شوری ۳۰ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به‌ترتیب بیشترین و کمترین قابلیت هدایت الکتریکی خاک را دارا بودند. در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری تیمارهای شوری ۳۰ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر در هر دو الگوی آبیاری به‌ترتیب بیشترین و کمترین قابلیت هدایت الکتریکی خاک را به خود اختصاص داد. برهمکنش اثر شوری و آبیاری در عمق ۶۰-۹۰ سانتی‌متری نیز نشان داد که

جدول ۴. برهمکنش اثر شوری آب و الگوی آبیاری بر قابلیت هدایت الکتریکی لایه‌های مختلف خاک در نظام تولید شوریست ارزن پادزهری

شوری آب آبیاری (dSm^{-1})	عمق خاک (سانتی‌متر)								
	۰-۳۰			۳۰-۶۰			۶۰-۹۰		
	I_1	I_2	میانگین	I_1	I_2	میانگین	I_1	I_2	میانگین
۵	۹/۲۳	۱۰/۰	۹/۶۵ ^c	۱۰/۴	۱۲/۴	۱۱/۴ ^c	۸/۸۲	۹/۲۲	۹/۰۲ ^d
۱۰	۱۳/۴	۹/۸۸	۱۱/۶ ^b	۱۰/۹	۱۲/۹	۱۱/۹ ^{bc}	۱۵	۱۳/۷	۱۴/۴ ^c
۲۰	۱۱/۱	۱۳/۲	۱۲/۲ ^b	۱۲	۱۲/۹	۱۲/۵ ^b	۱۳/۲	۱۹/۱	۱۶/۱ ^b
۳۰	۱۷/۵	۱۳/۶	۱۵/۵ ^a	۲۵/۱	۲۳/۳	۲۴/۲ ^a	۱۷/۶	۱۷/۳	۱۷/۴ ^a
میانگین	۱۲/۸ ^A	۱۱/۷ ^B		۱۴/۶ ^A	۱۵/۴ ^A		۱۳/۶ ^B	۱۴/۸ ^A	
$LSD_{5\%}^2$	۱/۱۹۷			۱/۵۴۱				۱/۵۳۱	

۱. در هر ستون و ردیف اعدادی که دارای حروف مشترک هستند، از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلافی با یکدیگر ندارند

۲. مقادیر حداقل تفاوت معنی‌دار مربوط به برهمکنش شوری و الگوی آبیاری

جذب در خاک زیربوت‌ها افزایش معنی‌دار داشته و این افزایش در ارتباط با تمرکز بخش‌های ضایعاتی گیاهان که توانایی پدیدآوردن تغییرات معنی‌دار در خواص شیمیایی خاک را دارند، می‌باشد.

واکنش عصاره اشباع خاک

اثر سال و برهمکنش رژیم و شوری آب آبیاری بر pH عصاره اشباع لایه‌های مختلف خاک از نظر آماری معنی‌دار شد. میانگین میزان pH عصاره اشباع لایه‌های ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری خاک در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۹، به ترتیب ۲، ۱۵ و ۲۵/۲ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری تیمارهای شوری ۵ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر در هر دو الگوی آبیاری اول و دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان pH خاک را دارا بودند. در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری تیمار شوری ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر در هر دو الگوی آبیاری بیشترین و تیمار ۵، ۱۰ و ۲۰ در الگوی آبیاری اول و نیز تیمار ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم کمترین میزان pH خاک را دارا بودند. در عمق ۶۰-۹۰

تیمارهای شوری ۳۰ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و تیمارهای شوری ۲۰ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به ترتیب بیشترین و کمترین قابلیت هدایت الکتریکی خاک را دارا بود (جدول ۴).

کشت این گیاه افزایش قابلیت هدایت الکتریکی خاک را سبب شده است. با توجه به این‌که گیاه ارزن پادزهری یک شورزیست بوده و نیز دارای سیستم ریشه‌ای بسیار عمیق می‌باشد، بنابراین این گیاه توانایی استفاده از آب‌های شور زیرزمینی را دارد از طرف دیگر شور بودن ذاتی مناطق کشت و همچنین آبیاری با آب شور و آب شویی عناصر به اعماق خاک باعث افزایش میزان قابلیت هدایت الکتریکی خاک با افزایش عمق خاک شده است. فرزانه (۶) نیز در مطالعه خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک تاغ‌زارهای سبزواری افزایش میزان pH و قابلیت هدایت الکتریکی خاک را با افزایش عمق خاک گزارش کرد (۶). خلخال و همکاران (۳) نیز در مطالعه اثرات کشت گونه گیاهی آتریپلکس کانسنس بر خصوصیات شیمیایی خاک در دو منطقه متفاوت اقلیمی، داشلی برون ترشکلی و اخترباد کرج اظهار داشتند، شوری، ماده آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل

جدول ۵. برهمکنش اثر شوری و الگوی آبیاری بر میزان pH لایه‌های مختلف خاک در نظام تولید شورزیست ارزن پادزهری

شوری آب آبیاری	عمق خاک (سانتی‌متر)								
	۰-۳۰		۳۰-۶۰		۶۰-۹۰				
(dSm ⁻¹)	I _۱	I _۲	میانگین	I _۱	I _۲	میانگین	I _۱	I _۲	میانگین
۵	۹/۱۵	۸/۹۲	۹/۰۳ ^a	۸/۶۰	۸/۵۸	۸/۵۹ ^b	۸/۸۹	۸/۹۵	۸/۹۲ ^a
۱۰	۸/۷۷	۸/۷۳	۸/۷۵ ^b	۸/۶۳	۸/۴۴	۸/۵۳ ^b	۹	۸/۹۴	۸/۹۷ ^a
۲۰	۸/۷۶	۸/۷۵	۸/۷۵ ^b	۸/۵۹	۸/۶۰	۸/۵۹ ^b	۸/۹۶	۸/۹۴	۸/۹۵ ^a
۳۰	۸/۶۱	۸/۵۲	۸/۵۶ ^c	۸/۸۶	۹/۴۸	۹/۱۷ ^a	۸/۷۲	۸/۷۸	۸/۷۵ ^b
میانگین	۸/۸۲ ^A	۸/۷۳ ^B		۸/۶۷ ^B	۸/۷۷ ^A		۸/۸۹ ^A	۸/۹۰ ^A	
LSD ۵%	۰/۱۰۸	۰/۳۶۲	۰/۱۸۲						

۱. در هر ستون و ردیف اعدادی که دارای حروف مشترک هستند، از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلافی با یکدیگر ندارند

۲. مقادیر حداقل تفاوت معنی‌دار مربوط به برهمکنش شوری و الگوی آبیاری

آبیاری از نظر آماری معنی‌دار شد. میانگین غلظت سدیم لایه‌های ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری عصاره اشباع خاک در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۹، به ترتیب ۲۰، ۱۵ و ۲۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری تیمارهای شوری ۳۰ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و تیمارهای شوری ۲۰ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان غلظت سدیم خاک را دارا بودند در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری تیمارهای شوری ۲۰ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و تیمارهای شوری ۳۰ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان غلظت سدیم خاک را دارا بودند. برهمکنش اثر شوری و آبیاری در عمق ۶۰-۹۰ سانتی‌متری نیز نشان داد که تیمار شوری ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر در هر دو الگوی آبیاری اول و دوم بیشترین و تیمار شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و دوم کمترین میزان غلظت سدیم خاک را دارا بودند (جدول ۶).

سانتی‌متری نیز نشان داد که تیمارهای شوری ۱۰ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر در هر دو الگوی آبیاری اول و دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان pH خاک را دارا بود (جدول ۵).

کشت شورزیست ارزن پادزهری باعث افزایش pH خاک در سال دوم نسبت به سال اول شده است. افزایش pH در خاک می‌تواند هم به دلیل تجمع املاح حاصل از تجزیه بقایای گیاهی و هم به دلیل افزایش املاح ناشی از آبیاری با آب شور باشد. شارما و تونی وی (۳۳) در مطالعات خود در منطقه کشت آتریپلکس در ارتباط با افزایش pH در عمق ۷/۵ سانتی‌متری سطح خاک ابراز می‌دارند، تجمع برگ‌ها و شاخه‌های محتوی نمک باعث افزایش pH و سدیم محلول، سدیم قابل تبادل، هدایت الکتریکی و ماده آلی در سطح خاک می‌شود. حاجکینسون و جانسون (۲۱) نیز در تحقیقی در منطقه آریزونا به وجود ارتباط مستقیم بین کشت آتریپلکس و میزان سدیم قابل تبادل، هدایت الکتریکی و اسیدیته اشاره داشتند.

غلظت سدیم عصاره اشباع خاک (mg/L)

نتایج تجزیه واریانس داده‌های غلظت سدیم لایه‌های مختلف خاک نشان داد که اثر سال، شوری و نیز برهمکنش شوری در

غلظت کلر عصاره اشباع خاک (meq/L)

نتایج تجزیه واریانس داده‌های غلظت کلر لایه‌های مختلف

جدول ۶. برهمکنش اثر شوری آب و الگوی آبیاری بر غلظت سدیم لایه‌های مختلف خاک در نظام تولید شورزیست ارزن پادزهری

شوری آب آبیاری (dSm ⁻¹)	عمق خاک (سانتی‌متر)								
	۰-۳۰		۳۰-۶۰		۶۰-۹۰				
	I _۲	I _۱	میانگین	I _۲	I _۱	میانگین	I _۲	I _۱	میانگین
۵	۶۷/۴	۷۲/۶	۷۰ ^c	۷۶/۴	۷۶/۴	۷۶/۴ ^b	۶۴	۶۴	۶۴ ^d
۱۰	۸۴/۱	۶۹/۱	۷۶/۶ ^b	۶۸/۵	۷۷/۶	۷۳/۱ ^c	۷۳/۹	۸۵/۷	۷۹/۸ ^c
۲۰	۷۱	۸۶	۷۸/۵ ^b	۸۵	۸۱/۹	۸۳/۴ ^a	۸۶/۴	۸۵/۷	۸۶ ^b
۳۰	۸۸/۸	۸۶	۸۷/۴ ^a	۷۹/۸	۸۲/۵	۸۱/۱ ^a	۹۲/۰	۹۱/۸	۹۱/۸ ^a
میانگین	۷۷/۸ ^A	۷۸/۴ ^A		۷۷/۴ ^B	۷۹/۶ ^A		۷۹ ^B	۸۱/۸ ^A	
LSD I*5 ۵%	۷/۲۳۴			۶/۰۵۴			۶/۸۷۹		

۱. در هر ستون و ردیف اعدادی که دارای حروف مشترک هستند، از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلافی با یکدیگر ندارند

۲. مقادیر حداقل تفاوت معنی‌دار مربوط به برهمکنش شوری و الگوی آبیاری

بیابانی فراوانی میزان سدیم و کلر آن‌هاست (۱۳). بالا بودن این دو یون به دلیل آبیاری با آب شور (اعمال تنش شوری) و همچنین شور بودن ذاتی این مناطق نیز خود عامل موثر در افزایش میزان قابلیت هدایت الکتریکی خاک می‌باشد.

با افزایش عمق خاک نیز میزان سدیم افزایش می‌یابد. به دلیل آبشویی یون سدیم از لایه‌های بالایی خاک این امر غیر قابل اجتناب است. افزایش میزان یون‌های سدیم و کلر خاک در اثر کشت شورزیست ارزن پادزهری باعث تخریب ساختمان خاک می‌شود. بالا بودن میزان سدیم یکی از عوامل پراکندگی کلئیدهای رسی و انهدام ساختمان خاک و در نتیجه از بین رفتن تهویه و کاهش نفوذپذیری خاک است. این امر اختلال در عمل تنفس گیاه را به دنبال دارد (۱۱). یون سدیم و کلر، علاوه بر افزایش فشار اسمزی گیاه و اختلال در جذب آب توسط گیاه، می‌تواند باعث ایجاد محیطی مسموم در اطراف ریشه شود و از این نظر هم اثر منفی بر رشد گیاهان داشته باشد (۱).

غلظت پتاسیم عصاره اشباع خاک (mg/L)

نتایج تجزیه واریانس داده‌های غلظت پتاسیم لایه‌های مختلف خاک نشان داد که اثر سال، آبیاری، شوری و نیز برهمکنش

خاک نشان داد که اثر سال، شوری و نیز برهمکنش شوری در آبیاری از نظر آماری معنی‌دار شد. میانگین غلظت کلر لایه‌های ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری عصاره اشباع خاک در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۹، به ترتیب ۲۰، ۱۵ و ۲۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری تیمارهای شوری ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و تیمارهای شوری ۳۰ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان غلظت کلر خاک را دارا بودند. در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری تیمارهای شوری ۳۰ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر در هر دو الگوی آبیاری اول و دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان غلظت کلر خاک را دارا بودند. همچنین نتایج برهمکنش اثر شوری و آبیاری در عمق ۶۰-۹۰ سانتی‌متری نشان داد که تیمارهای شوری ۵ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و تیمارهای شوری ۳۰ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان غلظت کلر خاک را دارا بود (جدول ۷).

با توجه به اعمال تیمارهای شوری افزایش میزان یون‌های سدیم و کلر در سال دوم نسبت به سال اول قابل پیش‌بینی است. از طرف دیگر یکی از خصوصیات خاک‌های مناطق

جدول ۷. برهمکنش اثر شوری آب و الگوی آبیاری بر غلظت کلر لایه‌های مختلف خاک در نظام تولید شورزیست ارزن پادزهری

شوری آب آبیاری (dSm^{-1})	عمق خاک (سانتی‌متر)								
	۰-۳۰		۳۰-۶۰			۶۰-۹۰			میانگین
	I_1	I_2	میانگین	I_1	I_2	میانگین	I_1	I_2	
۵	۷۰/۹	۲۴/۳	۴۷/۶ ^a	۴۵/۳	۳۱/۸	۳۸/۶ ^b	۶۵	۲۷	۴۶ ^b
۱۰	۲۶	۲۶	۲۶ ^d	۲۷/۲	۳۷/۸	۳۲/۵ ^c	۳۴/۱	۳۹/۵	۳۶/۸ ^c
۲۰	۲۶/۹	۳۳	۲۹/۹ ^c	۲۲	۲۹/۷	۲۵/۸ ^d	۲۱/۷	۳۰/۵	۲۶/۱ ^d
۳۰	۴۲/۳	۴۴/۹	۴۳/۶ ^b	۵۷/۵	۶۱/۹	۵۹/۷ ^a	۴۵/۵	۵۶/۸	۵۱/۱ ^a
میانگین	۴۱/۵ ^A	۳۲ ^B		۳۸ ^B	۴۰/۳ ^A		۴۱/۶ ^A	۳۸/۴ ^B	
LSD _{5%}	۶/۷۵۸				۷/۶۳۹			۶/۷۳۸	

۱. در هر ستون و ردیف اعدادی که دارای حروف مشترک هستند، از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلافی با یکدیگر ندارند

۲. مقادیر حداقل تفاوت معنی‌دار مربوط به برهمکنش شوری و الگوی آبیاری

نسبت به سال اول نشان‌دهنده تغییر مثبت خصوصیات خاک در نتیجه کشت این گیاه در منطقه می‌باشد زیرا وجود پتاسیم در خاک باعث سهولت در انتقال آب و مواد غذایی در خاک می‌شود، از این رو پتاسیم می‌تواند به‌عنوان یک ماده حاصلخیز کننده خاک به حساب آید (۲ و ۱۰). همچنین مقدار پتاسیم خاک با افزایش عمق کاهش نشان می‌دهد این ممکن است بدین دلیل باشد که میزان پتاسیم به‌شکل کود، لاشبرگ و یا تجزیه بقایای گیاهی سال‌های قبل در سطح خاک بیشتر بوده ولی با افزایش عمق خاک به دلیل آبیاری‌ها پتاسیم خاک از این منطقه طی فرآیند آبشویی خارج شده باشد و یا این‌که در این مناطق به دلیل بالا بودن آهک و مقدار کلسیم در اعماق نسبت به سطح خاک مقدار پتاسیم در این منطقه کاهش یابد (۱۲).

زنگوا و همکاران (۳۴) نیز تکامل تدریجی ویژگی‌های خاک در شن‌زارهای تثبیت شده صحرای تنگو چین را بررسی کردند نتایج آنها نشان داد که تثبیت شن باعث بهبود بافت خاک و تغییر مکانیکی خاک اولیه و افزایش مواد غذایی خاک به‌ویژه پتاسیم می‌شود و با توسعه گیاهان مواد آلی خاک نیز افزایش قابل توجهی می‌یابد.

شوری در آبیاری از نظر آماری معنی‌دار شد. میانگین میزان غلظت پتاسیم لایه‌های ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری عصاره اشباع خاک در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۹، در هر سه عمق ۵٪ افزایش نشان داد (جدول ۳). در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری تیمارشوری ۲۰ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و تیمارهای شوری ۵ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان پتاسیم خاک را دارا بودند. در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری تیمارهای شوری ۵ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و تیمارهای شوری ۱۰ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان پتاسیم خاک را دارا بودند. همچنین نتایج برهمکنش اثر شوری و آبیاری در عمق ۶۰-۹۰ سانتی‌متری نشان داد که تیمار شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در هر دو الگوی آبیاری اول و دوم بیشترین و تیمار شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم کمترین میزان پتاسیم خاک را دارا بودند (جدول ۸).

مطالعات متعددی در زمینه ارتباط پوشش گیاهی و خصوصیات خاک و بالعکس در مناطق خشک و نیمه‌خشک صورت گرفته است. افزایش مقدار پتاسیم خاک در سال دوم

جدول ۸. برهمکنش اثر شوری آب و الگوی آبیاری بر غلظت پتاسیم لایه‌های مختلف خاک در نظام تولید شورزیست ارزن پادزهری

شوری آب آبیاری (dSm^{-1})	عمق خاک (سانتی‌متر)								
	۰-۳۰		۳۰-۶۰		۶۰-۹۰				
	I_2	I_1	میانگین	I_2	I_1	میانگین	I_2	I_1	میانگین
۵	۳۵۱/۶	۳۴۸/۸	۳۵۰/۲ ^a	۲۶۷/۴	۳۲۰/۷	۲۹۴/۱ ^a	۱۷۴/۹	۲۳۳/۸	۲۰۴/۳ ^d
۱۰	۲۳۳/۸	۲۳۶/۶	۲۳۵/۲ ^c	۲۸۱/۴	۳۳۱/۹	۳۰۶/۷ ^a	۲۳۶/۶	۳۰۱/۱	۲۶۸/۸ ^a
۲۰	۱۸۶/۱	۳۹۶/۴	۲۹۱/۲ ^b	۲۵۶/۲	۱۷۷/۷	۲۱۶/۹ ^c	۲۲۸/۱	۲۰۵/۷	۲۱۶/۹ ^c
۳۰	۲۵۶/۲	۲۱۹/۷	۲۳۸ ^c	۲۴۷/۸	۲۴۲/۲	۲۴۵ ^b	۲۳۶/۶	۲۲۵/۳	۲۳۰/۹ ^b
میانگین	۲۵۶/۹ ^B	۳۰۰/۴ ^A		۲۷۶/۵ ^A	۲۵۴/۸ ^B		۲۱۹ ^B	۲۴۱/۵ ^A	
LSD ۵%	۳۱/۷			۲۷/۷				۲۱/۶	

۱. در هر ستون و ردیف اعدادی که دارای حروف مشترک هستند، از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلافی با یکدیگر ندارند

۲. مقادیر حداقل تفاوت معنی‌دار مربوط به برهمکنش شوری و الگوی آبیاری

غلظت فسفر عصاره اشباع خاک (mg/L)

نتایج تجزیه واریانس داده‌های غلظت فسفر لایه‌های مختلف خاک نشان داد که اثر سال، آبیاری، شوری و نیز برهمکنش شوری در آبیاری از نظر آماری معنی‌دار شد. میانگین غلظت فسفر لایه ۰-۳۰ سانتی‌متری ۵/۱۳ درصد و میانگین غلظت فسفر دو عمق ۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری عصاره اشباع خاک در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۹، ۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری تیمارهای شوری ۱۰ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر در هر دو الگوی آبیاری اول و دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان فسفر خاک را دارا بودند. در عمق ۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری تیمارهای شوری ۲۰ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و تیمارهای شوری ۱۰ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان فسفر خاک را دارا بودند (جدول ۹). کاهش فعالیت فسفر محلول به دلیل افزایش قدرت یونی محلول و کاهش غلظت فسفر محلول خاک به دلیل ایجاد کانی‌های کلسیم فسفر از جمله دلایل کاهش جذب فسفر توسط گیاهان در شرایط شور می‌باشد (۱۹).

غلظت کلسیم عصاره اشباع خاک (mg/L)

نتایج تجزیه واریانس داده‌های غلظت کلسیم لایه‌های مختلف خاک نشان داد که اثر سال، شوری و نیز برهمکنش شوری در آبیاری از نظر آماری معنی‌دار شد. میانگین میزان غلظت کلسیم لایه‌های ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری عصاره اشباع خاک در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۹، به ترتیب ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری تیمارهای شوری ۳۰ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر در هر دو الگوی آبیاری اول و دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان کلسیم خاک را دارا بودند. در عمق ۰-۶۰ و ۳۰ سانتی‌متری تیمارهای شوری ۲۰ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و تیمارهای

جدول ۹. برهمکنش اثر شوری آب و الگوی آبیاری بر غلظت فسفر لایه‌های مختلف خاک در نظام تولید شورزیست ارزن پادزهری

شوری آب آبیاری (dSm ⁻¹)	عمق خاک (سانتی‌متر)								
	۰-۳۰		۳۰-۶۰		۶۰-۹۰				
	I _۱	I _۲	میانگین	I _۱	I _۲	میانگین	I _۱	I _۲	میانگین
۵	۱۶/۲	۶/۹۴	۱۱/۵ ^c	۱۵/۶	۷/۸۴	۱۱/۷ ^b	۱۹/۳	۱۸/۷	۱۹ ^a
۱۰	۲۱/۷	۱۳/۱	۱۷/۴ ^a	۱۳/۳	۹/۷۷	۱۱/۵ ^b	۷/۲۴	۹/۳۵	۸/۲۹ ^c
۲۰	۹/۰۵	۴/۴۰	۶/۷۲ ^d	۲۶/۵	۵/۶۱	۱۶ ^a	۱۷/۹	۱۱/۲	۱۴/۶ ^b
۳۰	۱۷/۳	۹/۵۲	۱۳/۴ ^b	۱۳/	۳/۶۸	۸/۳۸ ^c	۷/۲۴	۴۴/۳	۲۵/۷ ^d
میانگین	۱۶ ^A	۸/۴۹ ^B		۱۷/۱ ^A	۶/۷۲ ^B		۱۲/۹ ^A	۲۰/۹ ^B	
LSD 5%	۲/۰۲۲			۱/۰۳۵			۰/۹۴۲		

۱. در هر ستون و ردیف اعدادی که دارای حروف مشترک هستند، از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلافی با یکدیگر ندارند

۲. مقادیر حداقل تفاوت معنی‌دار مربوط به برهمکنش شوری و الگوی آبیاری

جدول ۱۰. برهمکنش اثر شوری آب و الگوی آبیاری بر غلظت کلسیم لایه‌های مختلف خاک در نظام

تولید شورزیست ارزن پادزهری

شوری آب آبیاری (dSm ⁻¹)	عمق خاک (سانتی‌متر)								
	۰-۳۰		۳۰-۶۰		۶۰-۹۰				
	I _۱	I _۲	میانگین	I _۱	I _۲	میانگین	I _۱	I _۲	میانگین
۵	۴۷/۸	۷۴/۹	۶۱/۳ ^c	۶۷/۸	۹۵/۳	۸۱/۵ ^{bc}	۸۵/۳	۷۲/۲	۷۸/۸ ^b
۱۰	۹۶/۳	۷۹/۹	۸۸/۱ ^b	۷۳/۳	۸۱/۷	۷۷/۵ ^c	۷۹/۷	۸۹	۸۴/۴ ^b
۲۰	۸۴/۲	۸۶/۲	۸۵/۲ ^b	۱۰۹/۳	۷۹/۸	۹۴/۵ ^{ab}	۶۶/۲	۹۴/۶	۸۰/۴ ^b
۳۰	۱۱۱/۷	۱۰۶/۳	۱۰۹ ^a	۹۶/۷	۱۰۸/۸	۱۰۲/۸ ^a	۹۴/۸	۱۲۰/۹	۱۰۷/۸ ^a
میانگین	۸۵ ^A	۸۶/۸ ^A		۸۶/۸ ^A	۹۱/۴ ^A		۸۱/۵ ^A	۹۴/۲ ^A	
LSD 5%	۲۵/۲			۲۷			۳۲/۳		

۱. در هر ستون و ردیف اعدادی که دارای حروف مشترک هستند، از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلافی با یکدیگر ندارند

۲. مقادیر حداقل تفاوت معنی‌دار مربوط به برهمکنش شوری و الگوی آبیاری

دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان کلسیم خاک را دارا بودند (جدول ۱۰). شوری خاک می‌تواند سبب تخریب ساختمان خاک و فشرده شدن خاک شود و این امر به‌دلیل پراکندگی ذرات رس ناشی از تعویض کلسیم و منیزیم توسط سدیم می‌باشد که در

شوری ۳۰ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان کلسیم خاک را دارا بودند. همچنین برهمکنش اثر شوری و آبیاری در عمق ۶۰-۹۰ سانتی‌متری نشان داد که تیمارهای شوری ۳۰ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و تیمارهای شوری ۳۰ و ۵

نهایت سبب افزایش درصد سدیم تبادلی می‌شود که تأثیر نامطلوبی بر خواص فیزیکی خاک دارد.

درصد ماده آلی خاک (%)

نتایج تجزیه واریانس داده‌های درصد ماده آلی لایه‌های مختلف خاک نشان داد که اثر آبیاری، شوری و نیز برهمکنش شوری در آبیاری از نظر آماری معنی‌دار شد. میانگین درصد ماده آلی لایه‌های ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری عصاره اشباع خاک در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۹، تغییری نشان نداد (جدول ۳). در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری تیمار شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و نیز تیمارهای ۲۰ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول به‌ترتیب بیشترین و کمترین و تیمارهای شوری ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان ماده آلی خاک را دارا بودند. در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری تیمار شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم و تیمارهای ۵ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول به‌ترتیب بیشترین و کمترین درصد ماده آلی خاک را دارا بودند (جدول ۱۱). ساریق و همکاران (۳۰) گزارش کردند که در یک خاک لوم شنی، بر اثر آبیاری با آب شور (۵۰ میلی‌مولار) مقدار کربن آلی و نیتروژن کل کاهش یافت.

همچنین برهمکنش اثر شوری و آبیاری در عمق ۶۰-۹۰ سانتی‌متری نشان داد که تیمارهای شوری ۵ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و تیمارهای شوری ۱۰ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان ماده آلی خاک را دارا بودند (جدول ۹). مقدار ماده آلی خاک در سال دوم نسبت به سال اول اختلاف معنی‌داری نشان نداد. همچنین زیاد بودن ماده آلی خاک در سطح خاک نسبت به عمق‌های پایین‌تر می‌تواند به دلیل بقایای گیاهی و یا لاشبرگ‌های موجود در سطح خاک باشد.

همبستگی عملکرد و برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک

نتایج تجزیه و تحلیل ارتباط بین عملکرد ماده خشک تولیدی و برخی ویژگی‌های مهم شیمیایی خاک نشان داد که غلظت یون پتاسیم کمترین و سدیم بالاترین همبستگی منفی را با عملکرد ماده خشک ارزن پادزهری در طی دو سال مطالعه داشت (جدول ۱۲). بدیهی است که با افزایش میزان سدیم خاک عملکرد ارزن پادزهری کاهش می‌یابد. این کاهش عملکرد می‌تواند به این دلیل باشد که سدیم اثرات سوء بر خاک و گیاه دارد. یون سدیم وقتی در کنار یون کلر قرار بگیرد باعث افزایش شوری خاک می‌شود. محیط شور باعث منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی محلول خاک می‌شود که این مسئله جذب آب را دشوارتر می‌کند. علاوه بر این جذب و انباشتگی یون‌های سمی اثرات نامطلوبی بر بسیاری از فرآیندهای حیاتی گیاه دارد. پایین بودن همبستگی پتاسیم با عملکرد را می‌توان چنین توجیه نمود که در ابتدای تنش شوری، تنش خشکی که در اثر کاهش پتانسیل آب محیط ریشه حادث می‌شود، عامل اصلی کاهش رشد است. در واقع گیاه برای افزایش جذب آب و فائق آمدن بر پژمردگی خود ناگزیر به جذب یون‌های سمی مانند سدیم و کلر می‌باشد. افزایش یون سدیم در محیط ریشه سبب کاهش میزان جذب یون پتاسیم، (۱۶) و پایین آمدن نسبت پتاسیم به سدیم می‌گردد. با توجه به نقش اساسی پتاسیم در فرآیندهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه، کاهش این عنصر مانع از رشد و نمو طبیعی گیاه می‌شود (۱۷ و ۲۶).

به‌طور کلی می‌توان گفت که کشت شورزیست ارزن پادزهری باعث افزایش معنی‌دار خصوصیات شیمیایی خاک در اعماق و سال‌های مختلف شده است. در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک، میانگین قابلیت هدایت الکتریکی (۱۹/۸٪)، پ-هاش (۱۹/۹٪)، غلظت یون سدیم (۲۰/۰٪)، کلر (۲۰/۱٪)، پتاسیم (۵/۰۰٪)، فسفر (۵/۷۹٪) و کلسیم (۱۹/۹٪) در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول افزایش و ماده آلی خاک بدون تغییر بود. همچنین در اعماق ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری خاک نیز روندی مشابه مشاهده شد. در لایه‌های مختلف خاک به‌طور

جدول ۱۱. برهمکنش اثر شوری آب و الگوی آبیاری بر درصد ماده آلی لایه‌های مختلف خاک در نظام تولید شورزیست ارزن پادزهری

شوری آب آبیاری (dSm ⁻¹)	عمق خاک (سانتی‌متر)								
	۰-۳۰		۳۰-۶۰		۶۰-۹۰				
	I _۱	I _۲	میانگین	I _۱	I _۲	میانگین	I _۱	I _۲	میانگین
۵	۰/۲۱	۰/۲۷	۰/۲۴ ^a	۰/۱۳	۰/۱۸	۰/۱۵ ^d	۰/۲۳	۰/۱۴	۰/۱۸ ^b
۱۰	۰/۲۵	۰/۱۹	۰/۲۲ ^b	۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۱۸ ^c	۰/۲۰	۰/۲۹	۰/۲۴ ^a
۲۰	۰/۱۶	۰/۲۵	۰/۲۰ ^b	۰/۱۴	۰/۲۷	۰/۲۰ ^b	۰/۰۹	۰/۱۸	۰/۱۳ ^c
۳۰	۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۱۸ ^c	۰/۲۴	۰/۲۲	۰/۲۳ ^a	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۱۵ ^c
میانگین	۰/۱۹ ^B	۰/۲۲ ^A	۰/۱۶ ^B	۰/۲۲ ^A	۰/۱۶ ^B	۰/۱۶ ^B	۰/۱۹ ^A	۰/۱۹ ^A	۰/۱۹ ^A
LSD 5%	۰/۰۲۸	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵

۱. در هر ستون و ردیف اعدادی که دارای حروف مشترک هستند، از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلافی با یکدیگر ندارند

۲. مقادیر حداقل تفاوت معنی‌دار مربوط به برهمکنش شوری و الگوی آبیاری

جدول ۱۲. ضرایب همبستگی ساده قابلیت هدایت الکتریکی، غلظت یون سدیم، کلر و پتاسیم با میانگین عملکرد ماده خشک ارزن پادزهری

عمق خاک (cm)	ویژگی‌های شیمیایی			
	EC	Na ⁺	Cl ⁻	K ⁺
۰-۳۰	۰/۴۹ ^{**}	۰/۵۹ ^{**}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}
۳۰-۶۰	۰/۴۴ ^{**}	۰/۷۹ ^{**}	۰/۳۲ [*]	۰/۱۸ ^{ns}
۶۰-۹۰	۰/۴۹ ^{**}	۰/۷۱ ^{**}	۰/۲۲ ^{ns}	۰/۱۶ ^{ns}

*** و **: اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۵، ۱ و ۰/۱ درصد. ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

در استقرار نظام شورزیست ارزن پادزهری در مناطق مرکزی ایران با شرایط مشابه آب و هوایی بایستی از سازوکارهایی نظیر تعبیه زهکش در عمق مناسب و افزودن کربنات کلسیم به خاک جهت کاهش اثرات اختلال آفرین و مدیریت بهینه خاک بهره برد. در صورت مدیریت چالش‌های مربوط به خاک، با توجه به نیاز آبی کم و عملکرد مناسب این گیاه در شرایط شور این گیاه کاندید مناسبی برای تولید علوفه در شرایط مشابه می‌باشد.

متوسط با افزایش شوری آب آبیاری از ۵ به ۳۰ دسی‌زیمنس در متر به ترتیب قابلیت هدایت الکتریکی ۱۱۰٪، غلظت یون سدیم ۲۶/۵٪، غلظت یون کلر ۱۴/۵٪، غلظت یون پتاسیم ۸/۱۶٪، غلظت فسفر ۲۴/۱٪ و غلظت کلسیم ۶۲/۵٪ در الگوی آبیاری I_۱ و به ترتیب ۷۰/۵٪، ۲۳/۳٪، ۹۶/۶٪، ۱۳/۴٪، ۴۱/۲٪ در الگوی آبیاری I_۲ تغییر یافت. همچنین به‌طور متوسط غلظت سدیم (r^۲=۰/۷۰^{**}) و قابلیت هدایت الکتریکی (r^۲=۰/۴۷^{**}) لایه‌های مختلف خاک بیشترین همبستگی منفی را با عملکرد ماده خشک ارزن پادزهری در طی دو سال نشان دادند. بنابراین

منابع مورد استفاده

۱. بی نام. ۱۳۷۸. بانک اطلاعات منابع طبیعی تجدید شونده استان اصفهان. انتشارات اداره کل منابع طبیعی استان اصفهان.
۲. حشمتی، غ. ۱۳۸۲. بررسی آثار عوامل محیطی بر استقرار و گسترش گیاهان مرتعی با استفاده از آنالیز چند متغیره. مجله منابع طبیعی ایران، ۵۶ (۳): ۳۰۹-۳۲۱.
۳. خلخالی، ع. م.، گودرزی و م. جعفری. ۱۳۸۴. بررسی ارتباط متقابل خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و صفات گیاهی *Atriplex canescens* در دو منطقه متفاوت اقلیمی. مجله بیابان ۱۰ (۲): ۳۹-۴۴.
۴. خوشگفتارمنش ا. ح. ۱۳۸۶. ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه و مدیریت بهینه کودی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
۵. زهتابیان، غ. ر.، ح. آذرینوند و م. م. شریفی‌کاشان. ۱۳۸۰. بررسی اثر شوری و خشکی بر روی سه گونه مرتعی *Agropyron Panicum antidotale* و *Avena barbata intermedium*. مجله منابع طبیعی ایران ۵۴ (۴): ۴۰۹-۴۲۱.
۶. فرزانه، ح. ۱۳۸۲. بررسی برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و عمق آب زیرزمینی در عرصه تاغ زارهای سبزوار. مجموعه مقالات اولین همایش ملی تاغ و تاغ کاری در ایران. چاپ اول. دفتر تثبیت شن و بیابان زدایی، سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری، صفحه ۴۲.
۷. کافی، م.، غ. ر. زمانی و م. پویان. ۱۳۸۹. مطالعه زراعی نمودن چهار گونه مرتعی شورپسند تحت آبیاری با آب‌های خیلی شور. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران ۱۷ (۲): ۲۷۶-۲۹۱.
۸. کافی، م.، م. صالحی و ح. ر. عشقی‌زاده. ۱۳۸۹. کشاورزی شورزیست. راهبردهای مدیریت گیاه، آب و خاک (تالیف). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
۹. کافی، م.، و م. مهدوی دامغانی. ۱۳۷۹. مکانیزم‌های مقاومت به تنش‌های محیطی در گیاهان (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
۱۰. محمودی، ش و م. حکیمیان. ۱۳۷۹. مبانی خاکشناسی. انتشارات دانشگاه تهران.
۱۱. میرداودی، ح. ۱۳۷۶. بررسی جوامع گیاهی، تنوع گونه‌ای، ارتباط آنها با برخی عوامل اکولوژیک و ترسیم نقشه جوامع گیاهی کویر میقان اراک. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم گیاهی، دانشکده علوم، دانشگاه تهران.
۱۲. هنری-د-فوت. ۱۳۷۷. مبانی خاکشناسی. ترجمه شهلا محمودی، مسعود حکیمیان، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران.
۱۳. وهابی، م. ۱۳۸۴. تعیین شاخص‌های رویشگاهی مؤثر برای بهره‌برداری از دو گونه گون کتیرایی سفید و زرد در استان اصفهان. رساله دکتری، رشته علوم مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
14. Akhani, H. 2006. Biodiversity of halophytic and sabkha ecosystems in Iran. Tasks Vega. Scie. 71-88.
15. Bakhshwain, A. A., S. M. A Sallam and A. M. Allam. 2010. Nutritive value assessment of some Saudi Arabian foliages by gas production technique in vitro. Met., Env. Arid Land Agric. Sci. 21(1): 65-80.
16. Benlloch, M., M. A. Ojeda, J. Ramos and A. Rodriguesnavarro. 1994. Salt sensitivity and low discrimination between potassium and sodium in plants. Plant Soil. 166: 117-123.
17. Chauhan, R. P. S., C. P. S. Chauban and D. Kumar. 1980. Free proline accumulation in cereals in relation to salt tolerance. Plant Soil. 57: 167-175.
18. FAO. 2002. *Panicum antidotale* Retz. Grassland Index. Available online at Website: <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/AGPC/doc/GBASE/data/pf000275.htm>.
19. Grattan, S. R. and C. M. Grieve. 1992. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in Saline environments. In: Pessarakli, M. (Ed). Handbook of plant and cold stress. pp. 203-226.
20. GRIN. 2000. GRIN Taxonomy. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, the Germplasm Resources Information Network (GRIN). Available online at Website: <http://www.ars-grin.gov/npgs/tax/index.html>.

21. Hajkinson, K. and S. Johnson. 1987. Relationship of saltbush species to soil chemical properties. J. Range Manage. 35: 353-362.
22. Halvorson, W. L. and P. Guertin. 2003. Factsheet for: *Panicum antidotale* Retz. Funded by: U.S. Geological Survey National Park Service. PP. 1-21.
23. Kafi, M. and M. A. Khan. 2008. Crop and forage production using saline waters. Daya Publishers, New Delhi, India.
24. Keshavarz, A., S. Ashrafi, N. Haydari, M. Pouran and E. Farzaneh. 2005. Water allocation and pricing in agriculture of Iran. Water Conservation, Reuse and Recycling: Proceedings of an Iranian-American Workshop, <http://www.nap.edu/catalog/11241.html>.
25. Khan, M. A. and M. Qaiser. 2006. Halophytes of Pakistan: characteristics distribution and potential economic usage. PP. 129-153. In: M.A. Khan, G.S. Kust, H.-J. Barth and B. Böer (Eds.), *Sabkha Ecosystems*. Springer. Printed in the Netherlands.
26. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. London.
27. Masters, D. G., S. E. Benes and H. C. Norman. 2007. Biosaline agriculture for forage and livestock production. Agriculture, Ecosys Environ. 119: 234-248.
28. Ruyle, G. B. and D. J. Young. 1997. Arizona range grasses. Cooperative Extension, publication AZ97105, College of Agriculture, The University of Arizona, Tucson, Arizona. Available online at Website: <http://ag.arizona.edu/pubs/natresources/az97105/>
29. Saini, M. L., P. Jain and U. N. Joshi. 2007. Morphological characteristics and nutritive value of some grass species in an arid ecosystem. Grass Forage Sci. 62: 104-108.
30. Sarigh, S., B. Emily, and K. Firestone. 1993. Microbial activity soil structure: Response to saline water irrigation. Soil Biol. Biochem. 25: 693-697.
- 31- Sarwar, M., M. Nisa, M. A. Khan, M. Mushtaque. 2006. Chemical composition, herbage yield and nutritive value of *Panicum antidotale* and *Pennisetum orientale* for Nili buffaloes at different clipping intervals. Asian-Australasian J Animal Sci. 19,176-180.
32. Sharma M. L. 1973. Soil physical and physical-chemical variability induced by *Artiplex numularia*. J. Range Manage. 26: 426-430.
33. Sharma, M. L. and D. J. Tunyway. 1973. Plant induced soil salinity patterns in two salt bush (*Atrisp*) communities. J. Rang Manage. 26(2): 121-124.
34. Zhenghu, D., X. Hanglang, L. Xinrong, D. Zhibao and W. Gang. 2004. Evolution of soil properties on stabilized sands in the Tengger Desert, China. Geomorphology 59: 237-240.